

**Intitulé de stage :**

Etude de la lumière diffusée dans le système de détection de l'interféromètre Advanced Virgo+.

**Coordonnées du Responsable de stage**

<b>Responsable de stage</b>	Romain Gouaty, Michal Was	<b>Expérience</b>	Virgo
<b>Téléphone</b>	04 50 09 55 19	<b>E-mail</b>	gouaty@lapp.in2p3.fr

**Sujet de stage / Travail demandé**

### Résumé du travail demandé :

Le détecteur d'onde gravitationnelle Virgo, installé à Pise, fonctionne sur le principe d'un interféromètre laser avec des bras de 3 km de long. En août 2017, la première observation conjointe d'ondes gravitationnelles, par les détecteurs LIGO et Virgo, provenant d'une coalescence d'étoiles à neutrons et d'un sursaut gamma, suivie par celle d'un signal optique, a ouvert un tout nouveau chapitre de l'astronomie multi-messagers. Une période d'observation conjointe des détecteurs LIGO (aux États-Unis) et Virgo s'en est suivie d'avril 2019 à mars 2020, permettant la détection hebdomadaire de coalescences de systèmes binaires compacts (notamment des trous noirs). Depuis mai 2020, le détecteur Virgo est entré dans une phase de modifications et d'améliorations (upgrade Advanced Virgo +) en vue d'une nouvelle période d'observation qui doit débuter au printemps 2023.

Plusieurs bancs optiques, suspendus et placés sous vide, sont utilisés pour extraire le faisceau laser en différentes localisations (en sortie de l'interféromètre, mais aussi en transmission des bras kilométriques par exemple). Ces bancs hébergent des éléments optiques et des capteurs de lumière (photodiodes, photodiodes à quadrants, caméras, ...) qui ont pour rôle d'extraire les signaux utiles pour la détection des ondes gravitationnelles et pour le contrôle de la position des miroirs de l'interféromètre. Le faisceau de frange noire en sortie de l'interféromètre est également filtré par une cavité optique, appelée mode cleaner, qui a pour rôle d'éliminer les composantes parasites du faisceau ne participant pas à la détection des ondes gravitationnelles : faisceaux n'ayant pas la longueur d'onde ou pas la géométrie du faisceau principal.

La cavité mode cleaner ainsi que les autres composants optiques diffusent une partie de la lumière incidente. Cette lumière diffusée peut se recombiner avec le faisceau principal, et, par interférences, générer des variations de la puissance laser mesurée sur les photodiodes principales, variations qui sont interprétées comme le passage d'une onde gravitationnelle. De plus, la lumière diffusée se couple aussi en modulant la pression de radiation du faisceau laser sur les miroirs de l'interféromètre, générant une réelle variation de longueur différentielle et donc là encore des variations de la puissance laser sur les photodiodes. Par ces divers couplages, la lumière diffusée limite la sensibilité du détecteur. Dans le contexte de l'upgrade Advanced Virgo+, une révision des bancs optiques est entreprise afin d'identifier les mesures à mettre en place pour réduire la lumière diffusée et ainsi améliorer la sensibilité du détecteur. De plus, il est envisagé à plus long terme de faire évoluer le design de la cavité mode cleaner afin d'améliorer ses performances, notamment en terme de pertes optiques. Ces pertes optiques sont en grande partie induites par la lumière diffusée sur les faces réfléchissantes ainsi que par la diffusion de Rayleigh dans le substrat composant cette cavité. Il est donc essentiel de caractériser la lumière diffusée émise par la cavité mode cleaner.

Le LAPP propose un stage de Master 2 afin de participer à la caractérisation de la lumière diffusée sur les bancs optiques suspendus qui composent le système de détection de l'interféromètre Virgo. Dans ce but l'étudiant(e) stagiaire sera amené(e) à caractériser la lumière retro-diffusée par des composants optiques utilisés dans Virgo, telle qu'une cavité mode cleaner, ou un cristal Terbium Gallium Grenat utilisé dans des isolateurs de Faraday. L'étudiant(e) s'appuiera sur un dispositif expérimental permettant de mesurer par interférométrie la lumière retro diffusée par les échantillons testés. L'étudiant(e) devra prendre en main le dispositif de mesure et l'adapter aux besoins spécifiques des composants à caractériser. En particulier, la cavité mode cleaner devra être maintenue résonante pendant la mesure au moyen de boucles d'asservissement. Les mesures obtenues pendant le stage seront alors confrontées aux projections du bruit de la lumière diffusée dans l'interféromètre Virgo, afin d'identifier les sources principales de lumière diffusée.

### Indication éventuelle d'ouverture vers un sujet de thèse :

Ce stage peut déboucher sur un sujet de thèse englobant la problématique de la lumière diffusée dans le système de détection, l'étude de son effet sur la sensibilité de Virgo et, plus généralement, l'étude et l'amélioration de la sensibilité du détecteur Virgo pendant la prochaine prise de données (2023-2024), ainsi que la préparation de la prochaine phase d'upgrades dont l'installation doit débuter en 2024. Le sujet de thèse pourrait également porter sur le développement d'une cavité mode cleaner à plus faibles pertes en vue des futurs upgrades de Virgo.

### **Membres de l'équipe d'encadrement**

R. Bonnard, D. Buskulic, R. Flaminio, R. Gouaty, V. Hui, F. Marion, T. Regimbau, L. Rolland, E. Tournefier, D. Verkindt, M. Was